

13. Yushchenko V., Velyugo E., Romanovski V. Development of a new design of deironing granulated filter for joint removal of iron and ammonium nitrogen from underground water //Environmental Technology. – 2023. – С. 1-8.

14. Hurynovich A., Ramanouski V. Artificial replenishment of the deep aquifers //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2018. – Т. 45. – С. 00025.

15. Propolsky, D. Modified activated carbon for deironing of underground water / D. Propolsky, E. Romanovskaia, W. Kwapinski, V. Romanovski // Environmental Research. – 2020. – Vol. 182. – P. 108996. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108996>

16. Пропольский, Д.Э. Модифицированный активированный уголь для обезжелезивания подземных вод / Д.Э. Пропольский, В.И. Романовский, Е.В. Романовская // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2019. – №2. – С. 47–50.

17. Пропольский, Д. Э. Эффективность обезжелезивания подземных вод с использованием модифицированных каталитических материалов / Д. Э. Пропольский, В. И. Романовский // Технологія-2019 : матеріали XXII Міжнар.наук.-техн. конф., 26-27 квіт. 2019 р., м. Сєвєродонецьк : в 2 ч. - Сєвєродонецьк : Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля, 2019. - Ч. 1 - С. 85-86.

18. Пропольский Д. Э., Романовский В. И. Полифункциональный модифицированный уголь для очистки подземных вод //Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2020. – №. 4. – С. 103-111.

УДК 628.31

### **Анализ технологических схем биологической очистки сточных вод**

Павич Е. С., Мякина М. А.

Научный руководитель Грузинова В. Л., к.т.н.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

*При анализе технологических схем биологической очистки сточных вод рассмотрены 3 типа очистных сооружений, которые применяются для устранения негативных влияний сточных вод на экологическую ситуацию.*

С целью устранения негативного влияния состава сточных вод на экологическую ситуацию в районе их сброса в поверхностный водный объект требуется их качественная биологическая очистка от загрязнителей и патогенов.

В настоящее время для очистки хозяйственно-бытовых сточных вод применяются следующие типы очистных сооружений:

1. Аэротенки;
2. SBR – реакторы;
3. MBR – реакторы.

### **Классический аэротенк (A2O-технология)**

Классический аэротенк (A2O-технология) с системой аэрации, где резервуар заполняется аэробным илом, непрерывно подаются воздух и исходные стоки, содержащие органические вещества, аммонийный азот и прочие загрязнители. Количество воздуха напрямую зависит от величины БПК и является расчетным значением. В вторичном отстойнике обязательным этапом является этап отделения очищенной сточной воды от ила и его возврат в аэротенк. При этом избыточный ил отводится на обезвоживание и утилизацию.

Аэротенки – сооружения, в которых осуществляется изъятие и окисление органических загрязнений при помощи водных микроорганизмов, находящихся во взвешенном в жидкости состоянии в виде отдельных хлопьев. Скопления микроорганизмов и простейших, развивающихся в аэробных условиях на органических загрязнениях, содержащихся в сточной воде, получил название активного ила.

Определяющий показатель процесса биологической очистки в аэротенках - скорость изъятия загрязнений из очищаемой воды, т.е. скорость биохимического окисления загрязнений. В этой связи представляют интерес основные закономерности развития колонии микроорганизмов, вводимой в контакт с жидкостью, содержащей питательные вещества, при достаточном обеспечении ее растворенным кислородом. На рис. 1 показаны фазы развития колонии микроорганизмов.

### **SBR (Sequencing Batch Reactors)**

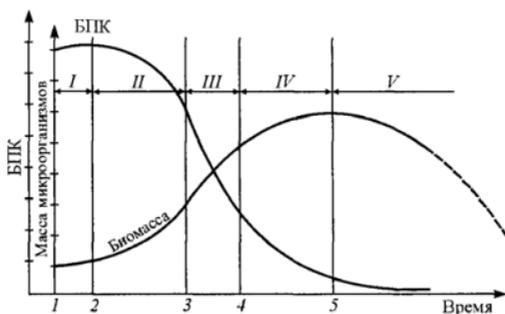
SBR (Sequencing Batch Reactors) - аэробный реактор переменного действия, где аэрация, нитрификация, денитрификация и отстаивание иловой смеси поочередно производятся в одном резервуаре. В случае применения данной технологии необходимо наличие не менее двух резервуаров, рассчитанных на поочередную работу, однако при этом пропадает необходимость во вторичном отстойнике, что позволяет сэкономить на площади сооружений.

Полный временной период от наполнения до опустошения SBR-реактора, как и длительность отдельных стадий процесса, можно регулировать в зависимости от желаемой степени очистки и состава сточной воды, поступающей на очистку [1].

### **MBR-мембранный аэробный биореактор**

MBR-мембранный аэробный биореактор-современная технология очистки и дезинфекции сточных вод позволяет значительно снизить уровень содержания в очищенной сточной воде БПК, аммонийного азота,

фосфатов, СПАВ, токсинов, до 100 % микробов и вирусов, и выйти на гарантированно высокий уровень качества очищенной сточной воды при относительно невысокой стоимости очистных сооружений. Мембранный биореактор – это комбинация традиционной биологической очистки и мембранного разделения иловой смеси, реализуемого на ультра- или микрофильтрационных мембранах. Размер пор таких мембран составляет от 0,01 до 0,1 мкм, что обеспечивает практически полное удаление из очищенной сточной воды всех взвешенных веществ, микроорганизмов, вирусов и бактерий.



I – лаг-фаза, характеризует стадию адаптации активного ила к внесенным загрязнениям, практически не происходит прироста биомассы; II – фаза ускоренного роста микроорганизмов, вследствие избытка питательных веществ, скорость размножения клеток - максимальная, интенсивное изъятие загрязнений; III – фазу замедленного роста, в которой скорость роста биомассы начинает все более сдерживаться по мере истощения питательных веществ и накопления продуктов метаболизма; IV – фазу нулевого роста (или прекращения роста), в которой значение концентрации ила стабилизируется, т.к. недостаточное количество питания тормозит рост микроорганизмов, свидетельствующее о равновесии между наличием питательных веществ и накопленной биологической массой; V – фазу эндогенного дыхания (или фазу самоокисления), характеризуется низкой концентрацией загрязнений в сточных водах, вследствие чего происходит отмирание активного ила и снижение его концентрации

**Рис.1. Зависимость прироста биомассы в аэробных условиях от концентрации питательных веществ**

Применение данной технологии позволяет исключить вторичные отстойники, а также оборудование для доочистки и обеззараживания очищенной сточной воды. Качество очистки после мембран соответствует всем допустимым показателям для сброса в поверхностные водные источники. Является идеальной технологией локальных очистных сооружений для медицинской промышленности, сбрасывающей

очищенные стоки в поверхностный водный объект. Из недостатков имеет сравнительно высокие эксплуатационные затраты (ввиду необходимости периодической замены мембран), чем сравниваемые технологии.

Сравнение технологических схем биологической очистки свели в таблице ниже.

Таблица

Сравнение технологических схем биологической очистки [2]

Параметры для сравнения	Классический-аэротенк, A20 процесс	SBR-реактор	Мембранный биореактор – MBR-технология
1	2	3	4
Назначение	В основном для очистки городских сточных вод. Отсутствуют ограничения по производительности	Предназначен для очистки высококонцентрированных сточных вод до 50000 м <sup>3</sup> /сут. Невозможность достичь норматива по азотной группе при бедных стоках	Широкий спектр предназначения для сточных вод любой природы. Присутствуют ограничения по производительности
Эффективность очистки	Не более 80-90% по всем основным показателям.	БПК <sub>полн</sub> 3-5мг O <sub>2</sub> /л; ВВ 8-12 мг/л; NH <sub>4</sub> 0,8 мг/л; NO <sub>2</sub> 6-8 мг/л; P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 1-1,5 мг/л. Качество очищенной сточной воды зачастую не соответствуют нормативом для сброса	БПК <sub>полн</sub> 2 мгO <sub>2</sub> /л; ВВ < 3 мг/л; NH <sub>4</sub> 0,5 мг/л; NO <sub>3</sub> 40 мг/л; NO <sub>2</sub> 0,08 мг/л; P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0,2 мг/л; Нефтепродукты 0,05 мг/л
Гибкость и управляемость	При понижении температуры ниже 18-20 °С скорость роста частиц ила снижается. Для обеспечения условий нитрификации требуется утепление аэротенка	Замедление всех реакций (кроме отстаивания) при понижении температуры ниже 30-35 °С, необходим подогрев исходных сточных вод и утепление резервуаров	Круглогодичная нитрификация даже в условиях холодного климата
Занимаемая площадь, м <sup>2</sup>	600-1500	180-200	140-150

Продолжение таблицы

1	2	3	4
Затраты на эксплуатацию (за период 5-7 лет)	Высокие	Средние	Высокие
Степень автоматизации	Требуется постоянное присутствие персонала и контроль показателей очищенной сточной воды	Автоматизированный процесс, удаленный доступ и управление, постоянный контроль качества сточной воды	Полностью автоматизированный процесс, удаленный доступ и управление
Стойкость к колебаниям нагрузки	Ухудшение очистки по рядам показателей	Резкое ухудшение качества очистки по всем показателям при приеме разбавленных стоков	Высокая стабильность процесса при залповых выбросах
Экологическая устойчивость	Сверхлимитные сбросы при пиковых нагрузках, начисление штрафов за превышение ПДС на сбросы		Освобождение гидросферы от сбросов загрязнений и отсутствие штрафов
Средний рейтинг установок по обобщенным показателям, %	Не более 35	Около 65	85 и более

### Литература

- Новикова О. К. Технология очистки сточных вод: Учебное пособие. – Гомель: БелГУТ, 2020. – 303 с.
- КТБ «Родник» [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://dtbspring.com/information/preimushhestva/>. - Дата доступа: 21.04.2024.